

- 1 -

Verfahren zum Herstellen von verdichteten, mit Kunststoff beschichteten, Fasersträngen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Her-  
stellen von verdichteten, mit Kunststoff beschichteten,  
5 Fasern bzw. Fasersträngen, bestehend aus im wesentlichen  
unidirektionalen parallel ausgerichteten Endlosfasern.  
Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein  
Verfahren zum Herstellen von kalibrierten und verdichteten  
10 dünnen Fäden oder Tapes, welche aus im wesentlichen  
parallel ausgerichteten Endlosfasern bestehen und welche  
beispielsweise für die Herstellung von kalibrierten dünnen  
Fäden, insbesondere Sägefäden für das Zuschneiden von prä-  
zisen Werkstücken in der Elektronikindustrie, oder für die  
15 Herstellung von Tapes und Prepregs, von faserverstärkten  
Kunststoffgranulaten, von faserverstärkten Formteilen sowie  
im Strangziehen Verwendung finden.

Die Herstellung von mit Kunststoff beschichteten Fasern,  
20 und Fasersträngen (Rovings), welche vorzugsweise aus im  
wesentlichen parallel ausgerichteten Endlosfasern, auch in  
Form von Tapes oder Prepregs, bestehen, ist an sich be-  
kannt. Dabei werden üblicherweise Faserstränge, welche aus  
Endlosfasern bestehen, mit einem Kunststoff, oder einem  
25 Gemisch von Kunststoffen, welche diverse Zusatzstoffe ent-  
halten können, beschichtet und in weiteren Verarbeitungs-  
stufen, je nach Verwendungszweck, zu Fäden, zu Granulaten,  
zu faserverstärkten Formteilen oder zu pultrudierten oder  
extrudierten Profilen verarbeitet.

30

So ist es bekannt, im Schmelzbeschichtungsverfahren zu be-  
schichtende Faserstränge durch die Schmelze eines thermo-  
plastischen Kunststoffs zu führen, anschliessend abkühlen

- 2 -

zu lassen, und dann weiter zu verarbeiten. In der praktischen Anwendung dieses Verfahrens, insbesondere bei hohem Faseranteil und zunehmender Faserlänge, werden aber eine hohe Streuung der Festigkeitswerte und zahlreiche örtliche Schwachstellen am Formteil festgestellt. Durch die hohen Scherkräfte, wie solche bei der Schmelzenimprägnierung auftreten, werden feine Filamente, z.B. von Kohlenstofffasern, gebrochen und es kommt zu Filamentschäden oder Fadenrissen im Prozess. Ähnlich verhält es sich in der Anwendung von Nassbeschichtungsverfahren, d.h. eines flüssigen Imprägnierbades, in welchem der Kunststoff in einem Lösungsmittel gelöst ist, wobei in diesem Fall noch die mit dem Abdampfen des Lösungsmittels verbundenen Schwierigkeiten hinzu kommen.

Im Trockenbeschichtungsverfahren, werden die zu beschichtenden Faserstränge vorzugsweise durch eine Wirbelschicht bewegt. Diese Wirbelschicht besteht in der Regel aus einem thermoplastischen Polymerpulver, in welchem gegebenenfalls Zusatzstoffe eingearbeitet (compoundiert) sind, oder aus einem duroplastisch härtbaren Kunststoffpulver oder Kunststoffpulver-Premix, wobei dieses als Beschichtung auf die Fasern aufzieht. Es ist auch möglich, die einzelnen Komponenten der Beschichtung im Wirbelschichtverfahren, direkt auf die Faser in der gewünschten Zusammensetzung gleichmässig aufzubringen, wobei man gegebenenfalls die einzelnen in der Wirbelschicht sich befindenden Beschichtungskomponenten zusätzlich in der Wirbelschicht mischt, so dass eine Entmischung der einzelnen Komponenten praktisch verhindert wird. Anschliessend werden die beschichteten Fasern vorzugsweise in einem Durchlaufofen, beispielsweise mittels IR-Strahlung, zumindest teilweise aufgeschmolzen und dann wieder abgekühlt. Derart wird eine verbesserte Verteilung des Kunststoffs auf der Faser er-

- 3 -

reicht. Dieses Trockenbeschichtungsverfahren hat jedoch den Nachteil, dass ein Teil des zur Beschichtung verwendeten Pulvers nach dem Austritt aus der Beschichtungseinheit von der Faser wieder abfällt, wodurch der Pulverauftrag und damit der Harzanteil und/oder der Füllstoffanteil im Endprodukt eingeschränkt wird, was die Qualität des Endprodukts beeinträchtigt. Das Beschichtungspulver fällt aber auch noch im Durchlaufofen ab und zersetzt sich im Kontakt mit der überhitzten Ofenoberfläche, so dass Zersetzungsprodukte entstehen, welche über die Abluft in die Entlüftungsanlage und die Umwelt gelangen. Zudem gelangen diese Teilchen als Staub und als Zersetzungsprodukte auch in andere Teile der Produktionsanlage, insbesondere in die Filter der Entlüftungsanlage, und verschliessen dort die Filter der Entlüftungsanlage. Dies wiederum führt zu Ungleichgewichten in der Betriebsführung und den Betriebsbedingungen, was die Qualität der beschichteten Faserstränge negativ beeinflusst.

In allen Fällen der genannten Beschichtungsverfahren ergeben sich in der praktischen Anwendung, insbesondere bei hohem Faseranteil, eine hohe Streuung der Festigkeitswerte und zahlreiche örtliche Schwachstellen am gebildeten Faden und damit auch am Formteil. Insbesondere ergeben sich auch örtliche Unterschiede im Fadendurchmesser, sowie in der Rundung bzw. im Rundungsgrad der Faser und in deren Belegung mit Kunststoff, was in der Folge die genannten Nachteile verursacht. Es besteht daher das Bedürfnis, diese Nachteile zu verringern oder gänzlich zu beheben.

30

Für die Herstellung von dünnen Fäden, insbesondere von Sägefäden für die Elektronik-Industrie zum Schneiden von präzisen Formteilen, beispielsweise von Formteilen, welche aus Siliziumkarbid bestehen, oder von Wafers, Chips, und

- 4 -

- verwandten Formteilen oder in der Herstellung von Sonnenkollektoren, ist es im weiteren nötig, dass diese Fäden sowohl möglichst dünn sowie auch sehr präzise, d.h. im gleichen Durchmesser entlang ihrer gesamten Länge, gearbeitet sind, wobei der Durchmesser dieser Fäden im Mikronbereich liegt, vorzugsweise im Bereich von 100-1000 Mikron ( $\mu\text{m}$ ), und die Schwankungsbreite der linearen Abweichung des Durchmessers vom Sollwert innerhalb von nur wenigen Mikron liegen soll. In diesem Sinne ist eine sehr genaue Kalibrierung der Fäden notwendig, das heisst, dass man sowohl den Durchmesser als auch die Rundung des Fadens entlang der gesamten Fadenlänge innerhalb der vorgegebenen Masse genau einstellt und kontrolliert.
- Für die Beschichtung von Fasersträngen, insbesondere in der Pulverbeschichtung, werden, auch in der vorliegenden Erfindung, vorzugsweise lineare unidirektionale Faserstränge bzw. Rovings, verwendet, das sind Faserstränge bzw. Rovings, worin die Endlosfäden im wesentlichen parallel, und im wesentlichen gerade bzw. plan-parallel, angeordnet sind. Diese Rovings lassen sich im Beschichtungsvorgang leichter auffächern und damit gleichmässiger beschichten.
- Es wurde nun gefunden, dass man dünne mit Kunststoff beschichtete Endlosfäden (bestehend aus einer Vielzahl einzelner Endlosfasern), bzw. solche mit Kunststoff beschichtete Fasern oder Faserstränge, bestehend aus im wesentlichen parallel ausgerichteten Endlosfasern, erhält, wenn man die Faserstränge, auf welchen sich der, gegebenenfalls als Pulver aufgetragene, Kunststoff in geschmolzenem bzw. flüssigem Zustand befindet, anschliessend an die Beschichtung durch eine Drehvorrichtung führt, mit welcher eine örtliche Drehung auf die Fasern ausgeübt wird. Durch eine

- 5 -

solche örtliche hohe Drehung werden die Fasern in hohem Masse verdichtet. Dabei werden die Fäden im Verfahren von der Drehvorrichtung ausgehend entlang der einzelnen Fäden rückwärts in Richtung der Beschichtungsvorrichtung miteinander verdreht. Nach dem Durchlaufen der Drehvorrichtung bestehen die Drehungen aber nicht mehr oder nur noch in geringem Masse, so dass die Endlosfasern nach dem Durchlaufen der Drehvorrichtung keine oder nur eine geringe Anzahl spiralförmiger Umdrehungen pro Meter aufweisen, im wesentlichen aber parallel, linear und gerade angeordnet sind. Solche Fäden können anschliessend weiter bearbeitet werden, beispielsweise zusätzlich mit einem geeigneten Kunststoff und/oder gegebenenfalls mit mineralischem Korn beschichtet und anschliessend ausgehärtet werden.

Eine besondere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die Drehvorrichtung aus einer rotierenden Kalibrierdüse besteht. Durch die erfindungsgemässe rotierende Kalibrierdüse wird der Faserverbund zusätzlich kalibriert und besonders stark homogenisiert, gleichzeitig verdichtet wobei die eingeschlossenen Gase aus dem Verbund hinaus gedrängt werden. Es entstehen kalibrierte Faserstränge, welche im Durchmesser entlang ihrer gesamten Länge genau gearbeitet sind und nur eine geringe lineare Abweichung in der gewünschten Durchmesserlänge und somit einen hohen Rundungsgrad aufweisen, und zudem sehr kompakt bzw. verdichtet sind.

Derart werden vorzügliche Sägefäden oder beschichtete Faserstränge erhalten, welche genau im Durchmesser, bzw. im Rundungsgrad, entlang ihrer gesamten Länge gearbeitet sind, wobei die Schwankungsbreite der linearen Abweichung des Durchmessers vom Sollwert gering ist. Diese Sägefäden sind insbesondere für die Herstellung von elektronischen

- 6 -

Formteilen, wie Wafers, Chips und verwandte Formteile, geeignet.

Zusätzlich ergeben sich die Vorteile, dass sich das während der Beschichtung auf die Endlosfasern aufgebrauchte Material im Faserstrang durch die Wirkung der Drehvorrichtung besser verteilt. Derart fällt beim Eintritt in den Durchlaufofen kein oder nur sehr wenig Material von der beschichteten Faser ab. Dadurch werden Materialverluste vermindert, der Materialverbrauch optimiert und die Umwelt geschont, was insbesondere beim Erhitzen bzw. beim Härten der Beschichtungsmaterialien zur Wirkung kommt.

Verwendet man eine rotierende Kalibrierdüse, so wird ein allfälliger Schmelzenkegel durch die rotierende Kalibrierdüse an deren Düsenrand weg geschleudert und legt sich nicht tropfenweise auf dem Faden ab. Gemäss der Konstruktion einer Kalibrierdüse, wie dies im weiteren in Figur 2a gezeigt ist, wird ein allfälliger Schmelzenkegel am Düsenaustritt weg geschleudert. Es entsteht ein kalibrierter Faden hoher Dichte und frei von Lufteinschlüssen.

Durch das erfindungsgemässe Verfahren kann der Füllstoffanteil im Beschichtungspremix deutlich erhöht werden, so dass Produkte mit geringerem Faseranteil und höherem Füllstoffanteil hergestellt werden können. Auch die Schüttdichte und die Rieselfähigkeit eines aus solchen erfindungsgemäss verdichteten Fäden hergestellten Granulats wird deutlich erhöht und die Flausenbildung bei der Granulierung erheblich vermindert.

Durch das erfindungsgemässe Verfahren wird auch die Reißfestigkeit der beschichteten Faserstränge im Herstellungsverfahren selbst überraschend stark erhöht und kann ohne

- 7 -

weiteres verdoppelt werden. Fadenbrüche im Verfahren, insbesondere auch im Bereich zwischen der Beschichtungsvorrichtung und der Dreheinheit, werden derart auch bei hoher Fadenspannung weitgehendst vermieden.

5

Diese unerwarteten Vorteile erlauben es, das gesamte Verfahren unter bedeutend erhöhter Fadenspannung durchzuführen, was wiederum eine ausgeglichene Prozessführung und eine erhöhte Produktivität der Produktionsanlage erlaubt.

10

Überraschenderweise bleiben in der Trockenbeschichtung, als Folge der durch die Drehvorrichtung erzeugten örtlichen Drehwirkung, auch relativ grobe Pulverpartikel mit einer Korngrösse von bis zu 300µm im Verbund eingeschlossen, so dass auf eine unwirtschaftliche Feinstmahlung der Polymere mit engem Korngrössenspektrum verzichtet werden kann.

15

Die Erfindung ist in den Patentansprüchen definiert. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen von verdichteten, mit Kunststoff beschichteten, Fasern bzw. Fasersträngen, bestehend aus im wesentlichen parallel ausgerichteten Endlosfasern, ausgehend von Fasersträngen bestehend aus mit Kunststoff beschichteten Endlosfasern, dadurch gekennzeichnet, dass man Faserstränge, oder mehrere solche Faserstränge im Verbund, bestehend aus im wesentlichen parallel ausgerichteten Endlosfasern, auf welchen sich der, gegebenenfalls als Pulver, aufgetragene Kunststoff in geschmolzenem bzw. flüssigem Zustand befindet, anschliessend an die Beschichtung durch eine Drehvorrichtung führt, mit welcher eine örtliche Drehung auf die Fasern ausgeübt wird, so dass die einzelnen Fäden im Verfahren, von der Drehvorrichtung ausgehend entlang der Fäden rückwärts in Richtung der Beschichtungsvorrichtung, in Form von Drehungen miteinander verdreht werden, wobei

20

25

30

- 8 -

jedoch nach dem Durchlaufen der Drehvorrichtung die Drehungen nicht mehr oder nur noch in geringem Masse bestehen, so dass die Endlosfasern nach dem Durchlaufen der Drehvorrichtung keine oder nur eine geringe Anzahl spiral-  
5 förmiger Umdrehungen pro Meter aufweisen, im wesentlichen aber parallel und linear, bzw. gerade, angeordnet sind.

Die Erfindung betrifft auch eine besondere Ausführungsform zum Herstellen von verdichteten, mit Kunststoff beschichteten, Fasern bzw. Fasersträngen, bestehend aus im wesentli-  
10 chen parallel ausgerichteten Endlosfasern, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass die Drehvorrichtung aus einer rotierenden Kalibrierdüse besteht, wobei kalibrierte und verdichtete Fäden erhalten werden.

15

Der derart behandelte Faserstrang oder mehrere solcher Faserstränge im Verbund können einer weiteren Beschichtung bzw. Nachbeschichtung unterzogen werden. In diesem Sinne betrifft die Erfindung auch ein Verfahren, welches dadurch  
20 gekennzeichnet ist, dass man die erfindungsgemäss verdichteten Faserstränge in einer Nachbeschichtung zusätzlich mit mineralischen Pulvern oder Metallpulvern bei Temperaturen über dem Schmelzpunkt des Beschichtungspolymers, oder mit Kunststoff, gegebenenfalls im Gemisch mit mineralischen Pulvern, nachbeschichtet und anschliessend aus-  
25 härtet oder erstarren lässt.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch die Verwendung der erfindungsgemäss verdichteten Faserstränge, oder mehrere  
30 solcher Faserstränge im Verbund, für die Herstellung von Sägefäden, welche z.B. für die Herstellung von elektronischen Formteilen, vorzugsweise Wafers, Chips und verwandten Formteilen, geeignet sind, sowie für die Herstellung von Tapes und Prepregs, von faserverstärkten Kunst-



- 9 -

stoffgranulaten und faserverstärkten Formteilen oder von faserverstärkten pultrudierten oder extrudierten Profilen. Darin eingeschlossen sind auch Gewebe, welche aus beschichteten Rovings gewoben und gegebenenfalls anschliessend verpresst werden. Tapes umfassen auch endlos hergestellte faserverstärkte Tapes. Prepregs umfassen unidirektionale und gewebeverstärkte Prepregs.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch die derart hergestellten Fäden, Sägefäden, Tapes, Prepregs, faserverstärkten Kunststoffgranulate, faserverstärkten Formteile, faserverstärkten pultrudierten oder extrudierten Profile. Im weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens.

Die genannten beschichteten einzelnen Endlosfasern, bzw. einzelnen Faserstränge im Verbund, können im Schmelzbeschichtungsverfahren, im Nassbeschichtungsverfahren und/oder im Trockenbeschichtungsverfahren beschichtet worden sein, vorzugsweise im Trockenbeschichtungsverfahren. Die Verdichtung der einzelnen Endlosfasern, bzw. der einzelnen Faserstränge im Verbund, führt man so durch, dass man, anschliessend an den Beschichtungsvorgang, die beschichteten, einzelnen Endlosfasern, bzw. einzelnen Faserstränge im Verbund, durch mindestens eine Drehvorrichtung, vorzugsweise eine Vorrichtung, welche gleichzeitig kalibriert und verdichtet, wie beispielsweise eine rotierende Kalibrierdüse, führt, wodurch diese Endlosfasern bzw. die einzelnen Faserstränge im Verbund beim Durchlauf verdichtet, bzw. durch die rotierende Kalibrierdüse gleichzeitig sowohl kalibriert als auch verdichtet werden.

Eine geeignete Drehvorrichtung, wie in Figur 1 angedeutet und in Figur 2 genauer angegeben, kann beispielsweise aus

- 10 -

zwei gekühlten, mit V-Nuten versehenen Wellen bestehen, welche im Winkel von weniger als  $90^\circ$  ( $<90^\circ$ ), vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von  $5^\circ$  bis  $20^\circ$ , hinter einander angeordnet sind. Vorzugsweise ist die 1. Welle mit einem Winkel über oder unter  $90^\circ$  zur Fadenrichtung angeordnet vorzugsweise in einem Winkel von mindestens  $91^\circ$  bzw.  $89^\circ$  ( $>1^\circ$ ), vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von  $60^\circ$  bis  $120^\circ$ . Die zweite Nutwelle ist rechtwinklig zur Fadenlaufrichtung angeordnet. Der beschichtete Roving läuft beispielsweise über die erste Welle und unter der zweiten Welle durch, das heisst die Rovings werden über die erste Welle und anschliessend unter der zweiten Welle jeweils in deren V-Nute durchgeführt. In diesem Fall rotiert die erste Welle nach links und die zweite Welle nach rechts. Dabei ist die V-Nute der ersten Welle in der Fadenachse um mindestens 1 mm, vorzugsweise um 5 mm seitlich versetzt, so dass der Faden seitlich über die Schrägflanken der ersten Welle läuft. Der Faden wird durch die Winkelanordnung der Wellen und durch den Versatz der Nuten an die V-Flanken gedrückt und durch die senkrecht zur Fadenachse wirkende Komponente verdreht, so dass eine Rechts- bzw. Linksdrehung des Fadens resultiert. Die Anzahl der Drehungen (angegeben als Drehungen pro Meter) wird primär durch die Winkelöffnung der 1. Welle bestimmt. Die Rotation der Nutwellen wird durch die Reibung mit den beschichteten Fasersträngen oder zusätzlich durch Fremdantrieb erreicht. Die Anzahl der Drehungen pro Meter ist produktabhängig und wird durch Optimierung der Winkelanordnung und der Reibung des beschichteten Fadenstrangs in den V-Nuten bestimmt, was für den Fachmann kein Problem darstellt.

Die Verdrehwellen sind vorzugsweise nach dem ersten oder gegebenenfalls nach einem weiteren Durchlauf von ange-

- 11 -

bracht bzw. installiert. Die Drehung wirkt gleichmässig, wie bereits oben beschrieben, über die gesamte Länge des Faserstrangs bzw. Faserstränge rückwirkend bis zu dem Ort, wo der Faserstrang die Beschichtungsvorrichtung, bzw. für  
5 das vorliegende Beispiel, die erste Verdrehwellen verlässt. Nach dem Durchlauf der Drehvorrichtung lösen sich die Drehungen wieder auf und ergeben den erfindungsgemäss Faden mit im wesentlichen parallelen Fasern, welche keine oder nur wenige Drehungen pro Meter aufweisen.

10

Benützt man eine Kalibrierdüse, so rotiert diese mit so hoher Geschwindigkeit, dass die einzelnen Endlosfasern, bzw. die einzelnen Faserstränge im Verbund, verdichtet und auch kalibriert werden. Dabei wird bei der Kalibrierung  
15 sämtliches überschüssiges Beschichtungsmaterial, welches sich als Schmelzenkegel am Düsenausgang bildet, weg geschleudert. Der Durchmesser der Kalibrierdüse ist so eingestellt, dass der gewünschte Fadendurchmesser erhalten wird. Dabei werden die Fäden, wie bereits erwähnt, im Ver-  
20 fahren von der rotierenden Kalibrierdüse jeweils entlang des Fadens rückwirkend in Richtung der Beschichtungsvorrichtung verdreht. Nach dem Durchlaufen der rotierenden Kalibrierdüse bestehen die Drehungen nach vorne aber nicht mehr oder nur noch zum Teil, so dass die Fäden (Filamente)  
25 nach dem Durchlaufen der rotierenden Kalibrierdüse keine oder nur eine definierte kleine Anzahl spiralförmiger Umdrehungen pro Meter aufweisen..

30

Die rotierende Düse ist vorzugsweise in einer Hohlwelle angebracht bzw. fixiert und rotiert zusammen mit dieser Hohlwelle mit einer geeigneten Geschwindigkeit von in der Regel mindestens 500 Umdrehungen pro Minute (UpM), vorzugsweise mindestens 2000 UpM, vorzugsweise mindestens 7000 UpM, und vorzugsweise mit etwa 10000 UpM. Bevorzugt

- 12 -

ist ein Bereich von 7000 UpM bis 15000 UpM. Dabei wird die, vorzugsweise aus Hartmetall gefertigte, Düse vorzugsweise auf mindestens die Schmelztemperatur der Faserbeschichtung erwärmt, d.h. in der Regel auf mindestens  
5 etwa 100°C und vorzugsweise auf etwa 150-180°C.

Die Polymerbeschichtung der Faser muss beim Durchlaufen der Drehvorrichtung flüssig sein, d.h. auf eine Temperatur erwärmt sein, welche in der Regel bei mindestens 100°C,  
10 und vorzugsweise bei mindestens etwa 150-200°C, bzw. etwa 50°C über dem Schmelzpunkt des Polymers liegt. Diese Erwärmung kann beispielsweise mittels IR-Strahlung oder Heissluft erfolgen.

15 Es ist auch möglich, mehrere einzelne rotierende Kalibrierdüsen, hintereinander in Serie zu schalten und die Fasern durch diese Vorrichtungen zu führen. Dadurch werden die Fasern noch genauer kalibriert und höher verdichtet. Vorzugsweise haben die hintereinander geschalteten Kalibrierdüsen abnehmende innere (Kalibrier-)Durchmesser.  
20

Vorzugsweise hat die rotierende Kalibrierdüse einen inneren Durchmesser im Bereich von etwa 100-2000µm (Mikrometer, Mikron), vorzugsweise im Bereich von etwa 150-600µm  
25 und insbesondere im Bereich von etwa 200-350µm, beispielsweise etwa 200-240µm, wodurch ein erfindungsgemäss hergestellter kalibrierter und verdichteter, bzw. homogenisierter und verdichteter, Strang mit einem entsprechenden Durchmesser erhalten wird. Dabei beträgt die durchschnittliche lineare Abweichung von Sollwert des Durchmessers am  
30 gehärteten Faden in der Regel weniger als 6%, und vorzugsweise weniger als 4%, und bewegt sich ebenfalls im Mikronbereich, was einen sehr hohen Rundungsgrad ergibt.

- 13 -

Die Drehvorrichtung übt auf die Faser beim Durchlaufen ein örtliches Drehmoment aus. Dabei wird die Drehvorrichtung so eingestellt, dass der Faserstrang örtlich, beispielsweise je nach der Rotationsgeschwindigkeit der Kalibrierdüse, vor der Drehvorrichtung etwa 5 bis 50 spiralförmige Umdrehungen pro Meter, aufweist, vorzugsweise etwa 10 bis 30 spiralförmige Umdrehungen pro Meter, vorzugsweise etwa 10 bis 20 Umdrehungen pro Meter. Nach dem Verlassen der Drehvorrichtung besteht diese örtliche vergleichsweise hohe Zahl an Umdrehungen pro Meter nicht mehr, so dass ein Faserstrang aus im wesentlichen parallel und gerade ausgerichteten Endlosfasern resultiert. Das bedeutet, dass der Faserstrang vorzugsweise noch etwa 3 bis 10 Umdrehungen pro Meter und vorzugsweise noch etwa 2 bis 5 Umdrehungen pro Meter, aufweist. Wurde ein Faserstrang beschichtet, in welchem die einzelnen Endlosfasern in paralleler Form angeordnet sind, so bleibt im verdichteten, vorzugsweise im kalibrierten und verdichteten, Faserstrang die gegenseitige parallele Führung der einzelnen Fäden im wesentlichen erhalten.

Unabhängig von der erfindungsgemässen Verdichtung, vorzugsweise Kalibrierung und Verdichtung, des Faserstrangs bzw. der Faserstränge, können die kalibrierten und verdichteten Faserstränge bzw. dünnen Fäden, zusätzlich in an sich bekannter Weise weiter verarbeitet werden, beispielsweise zu dickeren und stärkeren Fäden.

Als Fasern, aus welchen die Faserstränge gebildet sind, können erfindungsgemäss alle an sich bekannten Fasern verwendet werden, welche für die Herstellung von faserverstärkten Werkstoffen bekannt sind. Beispiele sind synthetische anorganische Fasern, insbesondere Glasfasern, C-Fasern, Kunststofffasern, insbesondere Aramidfasern (aroma-

- 14 -

tisches Polyamid), Zylonfasern (PBO) 28 dtex (0.028 gr/m), oder Naturfasern, insbesondere Cellulosefasern. Die Filamentstärke beträgt vorzugsweise etwa 5µm bis 20µm und etwa 100 tex-4800 tex (0.1 g/m-4.8 g/m), vorzugsweise 600 tex-  
5 2400 tex, wie solche üblicherweise verwendet werden.

Als Kunststoff für die Beschichtung kann man erfindungsgemäss an sich bekannte thermoplastische Kunststoffe (als compound oder als Premix) und/oder an sich bekannte duroplastische Formmassen (vorzugsweise als Premix) verwenden.  
10 Thermoplastische Formmassen bzw. Kunststoffe und deren Zusatzstoffe sind aus der Literatur in grosser Zahl bekannt. Synthetische thermoplastische Polymere sind vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe der Polyolefine, vorzugsweise  
15 Polyäthylen, insbesondere HDPE, oder Polypropylene (PP); Polykarbonate; Polyoxymethylene (POM); Polyethylenterephthalate (PET); Polybutylenterephthalate (PBT); Polyethylensulfide (PES); Polyphenylenoxide (PPO); Polyphenylensulfide (PPS); PSO; PVDS; thermoplastische Polykondensate,  
20 vorzugsweise Polyester und Polyamide, wie Polyamid 66, Polyamid 12, u.a.; Polyvinylacetate; Polystyrole; Polyacrylsäureester; Polymethacrylsäureester; Alkylen/Acrylsäure-Copolymere oder Alkylen/Methacrylsäure-Copolymere, vorzugsweise Äthylen/Acrylsäure-Copolymere; PEEK und PEK,  
25 Alkylen/Maleinanhydrid-Copolymere; oder Alkylen/Vinylalkohol-Copolymere. Bevorzugt sind HDPE, PP, Polykarbonate, POM, PET, PBT, PES, PEEK, PEAK, PPO, PPS, PSO, PVDS, und thermoplastische Polyamide. Bevorzugt sind synthetische Polymere mit einem Erweichungspunkt von 100°C oder höher,  
30 vorzugsweise im Bereich von 140°C bis 390°C und besonders im Bereich von 150°C bis 350°C.

- 15 -

Duroplastische Kunststoffe in Form von Polykondensaten sind beispielsweise härtbare Phenol/Formaldehyd Kunststoffe (PF-Giessharze), härtbare Bisphenolharze, härtbare Harnstoff/-Formaldehyd-Kunststoffe (UF-Formmassen), Polyimide (PI),  
5 BMI-Formmassen und Polybenzimidazole (PBI). Duroplastische Kunststoffe in Form von Polyaddukten sind beispielsweise Epoxidharze (EP), Formmassen aus ungesättigten Polyesterharzen (UP-Formmassen), DAP-Harze (Polydiallylphthalat), MF-Formmassen, z.B. härtbare Melamin/Phenol/Formaldehyd-  
10 Formmassen, oder vernetzte Polyurethane (PUR).

Als Zusätze für thermoplastische Formmassen bzw. Kunststoffe sowie für duroplastische Kunststoffe in Form von Polykondensaten oder Polyaddukten sind beispielsweise,  
15 neben dem Harz/Härter/Beschleuniger-System für Duroplaste, Trennmittel, Gleitmittel, Füllstoffe, Pigmente, Haftvermittler, Stabilisatoren und Inhibitoren. Solche Verbindungen sind an sich bekannt, ebenso wie die für die Beschichtungen gemäss der vorliegenden Erfindung zu verwendenden  
20 bevorzugten Zusammensetzungen.

Die genannten Kunststoffe können im Schmelzverfahren bzw. direkt aus der Schmelze oder im Nassverfahren, das heisst in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst, oder im Trockenbeschichtungsverfahren wie eingangs beschrieben als Beschichtung mit einer an sich bekannten geeigneten Apparatur auf die Faserstränge aufgetragen werden. Solche Vorrichtungen und die Verfahrensbedingungen sind dem Fachmann bekannt.

30

Werden die erfindungsgemäss verdichteten, vorzugsweise kalibrierten und verdichteten, Faserstränge, oder mehrere solcher Faserstränge im Verbund, einer Nachbeschichtung unterzogen, so können die genannten Kunststoffe sowie die

- 16 -

genannten Beschichtungsverfahren, je nach Eignung und Wahl, unabhängig voneinander verwendet werden. Dabei kann der Kunststoff zusätzlich im Gemisch mit mineralischen oder metallischen, vorzugsweise kristallinen, Verbindungen verwendet werden und als Bindemittel für die mineralischen Stoffe dienen. Eine solche Nachbeschichtung ist insbesondere für die Herstellung von Sägefäden notwendig. Solche mineralische Stoffe sind vorzugsweise kristalline, Verbindungen, vorzugsweise anorganische Verbindungen, vorzugsweise Oxide, Karbide, Metallpulver vorzugsweise in Pulverform. Bevorzugt sind beispielsweise anorganische Verbindungen, wie Oxide, Karbide, vorzugsweise in Pulverform, wie beispielsweise Magnesiumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumkarbid, oder auch andere Stoffe grosser Härte, wie beispielsweise kristalliner Kohlenstoff, vorzugsweise Diamanten, insbesondere Industriediamanten, vorzugsweise in Form von Diamantpulver. Die Korngrösse des Pulvers liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 5µm-300µm (Mikron), vorzugsweise im Bereich von etwa 10µm-100µm und insbesondere im Bereich von etwa 10µm-30µm. Bevorzugt für die Nachbeschichtung sind synthetische Polymere mit einem Erweichungspunkt von 100°C oder höher, vorzugsweise im Bereich von 140°C bis 390°C und besonders im Bereich von 150°C bis 350°C, wobei dieselben Verfahrenstemperaturen zur Anwendung kommen, wie diese für die Beschichtungsvorrichtung hierin beschrieben sind.

Die im Anhang gegebene Figur 1 illustriert ein Schema einer Vorrichtung für die erfindungsgemässe Beschichtung und Nachbeschichtung eines Faserstranges, enthaltend drei in Serie geschaltete rotierende Kalibrierdüsen, welche z.B. den Faden zuerst auf 300µm, dann auf 260µm, und anschliessend auf 240µm kalibrieren und gleichzeitig verdichten.



- 17 -

Figur 2 zeigt eine Drehvorrichtung enthaltend zwei, mit V-Nuten versehenen, gekühlten Wellen, welche im Winkel von weniger als 90° hintereinander angeordnet sind.

5

Figur 2a zeigt eine rotierende Kalibriervorrichtung, enthaltend die rotierende Kalibrierdüse, im Querschnitt.

Figur 3 und Figur 3A zeigen eine rotierende Kalibrierdüse mit Scherteil, bestehend aus einem Konus für den Schmelzenkegel A, der Zentrierbohrung B, der Querbohrung D, dem Flachkanal C, den Lagern E und F, sowie dem Zahnkranz G. Dabei tritt der mit geschmolzenem Premix beschichtete Faserstrang durch die Zentrierbohrung B in die Düse, expandiert in der Querbohrung D und tritt durch den Flachkanal C wieder aus. Für besonders bruchempfindlichen Filamente oder für eine genaue Kalibrierung werden lediglich Runddüsen verwendet, um damit die Scherkräfte gering zu halten. Die Düse dreht bei diesem Vorgang mit 6000 bis 15000 Umdrehungen pro Minute. Durch den veränderten Querschnitt kommt es zu einem Schereffekt und Ausübung einer Drehkraft. Die inneren Faserfilamente werden dabei deutlich besser aufgeschlossen. Man erhält somit einen homogenen Strang mit gleichmässigem Harzgehalt. Dieser ist kompakter und lässt sich zu einem besseren Granulat granulieren. Die Dichte des Strangs ist höher. Der beschichtete Strang wird durch die Rotation und durch den Flachkanal bis zur Beschichtung verdichtet, so dass der beschichtete Strang ohne Verlust an Beschichtungspartikeln den IR-Ofen passiert. Der Zahnkranz ermöglicht es, verschiedene Kalibrierdüsen auf engem Raum in Linie nebeneinander anzuordnen und gegenseitig anzutreiben. Analoge Resultate erhält man mit einer Drehvorrichtung gemäss Figur 2.

- 18 -

Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform der Kalibrierdüse, analog zu der in den Figur 3 und Figur 3A gezeigten, wobei aber der Flachkanal B enger ist als der als Kalibrierbohrung C bezeichnete Kanal.

Die im Anhang als Figur 1 dargestellte Vorrichtung (1) besteht aus einer Abwicklungsvorrichtung (2), der Beschichtungsvorrichtung (3), der IR-Öfen (4), der Nachbeschichtungsvorrichtung (5), der Drehvorrichtungen (6) gemäss Figur 2 oder 2a, wobei die Drehvorrichtung (6) vorzugsweise eine Drehvorrichtung nach Figur 2a darstellt, der Konditionierungsvorrichtung (9) sowie der Wickeleinheit (10). Dabei ist die erste Drehvorrichtung direkt nach der Beschichtungsvorrichtung (3) montiert. Weitere Drehvorrichtungen bzw. Kalibriervorrichtungen sind anschliessend an den ersten IR-Ofen (4) angebracht.

Bedeutet die Beschichtungsvorrichtung (3) eine Vorrichtung für das Trockenbeschichtungsverfahren im Wirbelbett, so liegt die Korngrössenverteilung der Beschichtungskomponente oder der Beschichtungskomponenten in der Trockenbeschichtung vorzugsweise im Bereich von 30µm-250µm, vorzugsweise im Bereich von 50µm-300µm. Die durchschnittliche Korngrösse liegt zur Hauptsache vorzugsweise bei etwa 50µm-150µm.

Für die erfindungsgemässe Beschichtung von Fasersträngen im Trockenbeschichtungsverfahren mit einem Reaktionsharz, wie z.B. einem Epoxidharz, verwendet man vorzugsweise eine Schmelztemperatur im Bereich von 60°C-300°C, vorzugsweise 70°C-220°C, eine Walztemperatur von 10°C-200°C, vorzugsweise 20°C-50°C, eine Fadengeschwindigkeit von 3-200 Meter pro Minute, vorzugsweise 50-150 Meter pro Minute. Die Ver-

- 19 -

arbeitsbedingungen für die diversen Kunststoffe sind an sich bekannt und richten sich auch nach der Grösse der verwendeten Apparatur und können vom Fachmann ohne weiteres für den jeweilig verwendeten Kunststoff bzw. für das jeweilig verwendete Harz richtig angewendet werden.

Im Pulverbeschichtungsverfahren selbst werden die Faserstränge von einem Rovinggestell, vorzugsweise von der Aussenseite der Rolle, abgewickelt und in die Beschichtungseinheit geführt, wo sie vorzugsweise aufgefächert werden und das Wirbelschichtbad durchlaufen. Das Wirbelschichtbad umfasst im Prinzip eine Wanne und enthält die Zuführung für die Beschichtungskomponente bzw. Beschichtungskomponenten, sowie den Fluidboden, der vorzugsweise aus gesintertem Aluminium oder Keramik besteht und durch welchen die Zuluft zum Fluidisierbecken, das ist die Fluidisierluft zur Aufrechterhaltung der Wirbelschicht, eingeleitet wird. Dabei ist der Durchmesser der Perforationen im perforierten Zwischenboden (Fluidboden) kleiner als die Korngrösse des verwendeten Beschichtungspulvers bzw. der Beschichtungskomponenten oder des Granulats. Durch die Perforationen wird von unten her Luft oder ein Inertgas eingeblasen, so dass ein wallendes Pulver- oder Granulatbad bzw. eine Wirbelschicht entsteht. Im Wirbelschichtbad befinden sich auch mehrere Umlenkrollen oder Umlenkstäbe zur Auffächerung und Straffung der Fasern. Die Beschichtungseinheit kann mit einer Einrichtung zur zusätzlichen Durchmischung der Beschichtungskomponenten, z.B. eine Mischvorrichtung für eine zusätzliche mechanische Durchmischung der Beschichtungskomponenten, versehen sein.

Die Temperatur der Zuluft zum Fluidisierbecken, das heisst die Konditionierung der Fluidisierluft, wird proportional zum Schmelzpunkt des Polymerpulvers gesteuert. Damit kann

- 20 -

- die Pulverauftragsmenge gesteuert werden. Es wird vorzugsweise ein Fluidboden aus gesintertem Aluminium oder Keramik verwendet. Die Konditionierung der Fluidisierluft ermöglicht es, Thermoplastpulver mit hohem Schmelzpunkt bereits während der Beschichtung bis unter die Erweichungstemperatur vorzuheizen und damit die erforderliche Aufheizzeit zu reduzieren. So kann die Produktivität bei Thermoplasten mit hohem Schmelzpunkt erheblich erhöht werden. Die Erwärmung bei der Konditionierung darf bei Reaktivharzgemischen allerdings nur bis genügend unterhalb der Temperatur (On-Set-Temperatur) erfolgen, bei welcher der exotherme Aushärtungsvorgang dieser Harzgemische einsetzt.
- Nachdem die beschichteten Faserstränge das Wirbelschichtbad verlassen haben, durchlaufen sie die Drehvorrichtung nach Figur 2 oder die Drehvorrichtung nach Figur 2a. Die Drehvorrichtung nach Figur 2a ist eine rotierende Kalibriervorrichtung, enthaltend eine aus Hartmetall gefertigte rotierende Kalibrierdüse (7), durch welche die Endlosfasern beim Durchlauf gleichzeitig sowohl kalibriert als auch verdichtet werden. Die Kalibrierdüse (7) ist in einer Hohlwelle fixiert und rotiert zusammen mit dieser Hohlwelle. Die rotierende Hohlwelle kann durch einen an sich bekannten Elektroantrieb oder Druckluftantrieb angetrieben werden. Die Kalibrierdüsen können auch in Zahnräder integriert werden, wobei die einzelnen Zahnräder in Linie ineinander eingreifen und sich antreiben. Die in Figur 2a gezeigte Konstruktion der Kalibriervorrichtung bzw. Kalibrierdüse ist nur eine der möglichen Ausführungsformen.

Anschliessend an die erste Drehvorrichtung bzw. Kalibriervorrichtung (6) werden die beschichteten Faserstränge

- 21 -

durch einen IR-Ofen (4) bzw. einen Durchlaufofen geführt, wo sie erwärmt werden. Zu diesem Zweck enthält der Durchlaufofen vorzugsweise einen Infra-Rot-Erhitzer. Dabei wird die Beschichtung leicht flüssig oder pastös, aber nicht so flüssig, dass sie von den Fasern abtropfen kann. In diesem Zustand kann gegebenenfalls mittels einer Nachbeschichtung, in einer weiteren Beschichtungseinrichtung (5) weiteres Beschichtungsmaterial oder Granulat aufgebracht werden, welches aus anorganischem Pulver oder aus anorganischem Pulver gemischt mit organischem Polymer, oder aus organischem Polymer, wie vorgehend beschrieben, besteht. Derart kann der beschichtete, erhitzte Faden auch durch fluidisiertes Mineral- oder Metallpulver geführt werden, wobei dieses Pulver vom erweichten Beschichtungspolymer mitgeführt wird. Dabei bestimmen die Temperatur und die Verweilzeit die Schichtdicke des aufgetragenen Materials. Anschliessend kann in einem weiteren IR-Ofen behandelt werden. In dieser Weise kann die gewünschte Menge an Kunststoff und/oder anorganischem Material, welche auf die Fasern aufgebracht werden soll, ergänzt werden. Derart können Fadengewichte mit sehr niedrigem Glasanteil, beispielsweise Fäden mit nur 15 Gew.-% Glasfaseranteil, erhalten werden. Die Nachbeschichtung kann auch als Isolation dienen.

25

Nachdem die Faserstränge beschichtet, kalibriert und verdichtet und gegebenenfalls nachbeschichtet sind, werden diese nun durch eine Konditioniervorrichtung (9) geführt, welche aus einer Kühleinrichtung und gegebenenfalls einer Erwärmungseinrichtung besteht. Wurde als Beschichtung ein Epoxidharzgemisch aufgebracht, so werden die Faserstränge gegebenenfalls erneut erwärmt, wobei das Epoxidharzgemisch vorgeliert bzw. vorvernetzt, jedoch nicht ausgehärtet wird. Die Kühlung ist vor allem auch deshalb notwendig,

30

- 22 -

weil der Faser/Kunststoff-Verbund anschliessend durch ein Walzenpaar gezogen wird, welches diesen Verbund transportiert. Am Ort des Walzenpaares muss der Faser/Kunststoff-Verbund einen festen Zustand aufweisen, da sonst der

5 Kunststoff an den Walzen des Walzenpaares haften kann, wodurch diese verschmutzt würden und unter Umständen ein zuverlässiger Transport des Faser/Kunststoff-Verbunds behindert würde. Vorzugsweise durchläuft der Faser/Kunststoffverbund noch eine Erwärmungseinrichtung, in welcher

10 die für die Granulierung bzw. Wicklung erforderliche Temperatur bestimmt wird. Anschliessend kann der erhaltene beschichtete Faserstrang aufgewickelt oder granuliert werden.

15 Verwendet man ein Pultrusionswerkzeug, so hat die Apparatur vorzugsweise den folgenden Aufbau:

Spulengatter → Beschichtungsbad → IR-Ofen → Dreh-/Kalibriervorrichtung → Pultrusionswerkzeug →

20 Profilabzugwerk.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens, umfassend mindestens eine Beschichtungsvorrichtung (3) für die

25 Beschichtung des Faserstrangs oder der Faserstränge im Schmelzbeschichtungsverfahren oder im Nassbeschichtungsverfahren oder im Trockenbeschichtungsverfahren, mindestens einen IR-Ofen (4) als Durchlaufvorrichtung (für das Nass- und im Trockenbeschichtungsverfahren) für die Fixierung der

30 Beschichtung, gegebenenfalls eine Nachbeschichtungsvorrichtung (5), gegebenenfalls verbunden mit einem weiteren IR-Ofen (4), und mindestens eine Konditioniervorrichtung (9), bestehend aus einer Kühleinrichtung und gegebenenfalls einer Erwärmungseinrichtung zur abschliessenden

- 23 -

Konditionierung des beschichteten Fadens, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich anschliessend an die Beschichtungsvorrichtung (3), jedoch vor der Konditioniervorrichtung (9) und vor einer gegebenenfalls anwesenden Nachbeschichtungsvorrichtung (5), mindestens eine erfindungsgemässe Drehvorrichtung, vorzugsweise eine Kalibriervorrichtung (6), installiert sind, wobei durch die Drehvorrichtung bzw. Kalibriervorrichtung (6) die beschichteten einzelnen Endlosfäden, aus welchen der jeweilige Faserstrang gebildet ist bzw. der Faserstrang, oder mehrere solche Faserstränge im Verbund, unmittelbar nach dem Verlassen der Beschichtungsvorrichtung (3) verdichtet bzw. verdichtet und kalibriert werden und einen kompakten geschlossenen Strang bilden.

Die folgenden Beispiele illustrieren die Erfindung.

#### Beispiel 1

PBO-Roving enthaltend 160 Filamente mit einem Filamentdurchmesser von jeweils 0.005 mm, 0.012 mm und 0.014 mm (5µm, 12µm und 14µm) werden im Trockenbeschichtungsverfahren mit einer Matrix beschichtet, welche ein übliches Bisphenolharz (Araldit®) und Härter (Durez®) der Firma Huntsmann und Durez, (50.0% der gesamten Beschichtung) sowie übliche Trennmittel, Gleitmittel, Füllstoffe und Pigmente (50.0%), in üblicher Zusammensetzung enthält. Die Komponenten der Matrix werden in einem Mischer gemischt und haben eine Korngrössenverteilung im Bereich von 30µm bis 200µm. Das Beschichtungsverfahren wird einer vorgehend in der Beschreibung beschriebenen Apparatur durchgeführt, wobei eine in der EP-A-0 680 813 beschriebene Beschichtungseinheit verwendet wird. Direkt nach der Beschichtungseinheit ist eine Kalibriervorrichtung, enthaltend eine in einem Hohlrohr montierte rotierende Düse zur kontinuier-

- 24 -

lichen gleichzeitigen Kalibrierung und Verdichtung der Faserstränge installiert. Diese Kalibriervorrichtung entspricht der in Figur 2a dargestellten Vorrichtung. Die Düse hat einen inneren Durchmesser von 300 µm. Eine zweite  
5 und eine dritte solche Kalibriervorrichtung mit jeweils einem Düsendurchmesser von 260µm und 240µm, sind in Serie anschliessend an den IR-Durchlaufofen angebracht.

Dabei werden die Glasrovings von einem Rovinggestell, vorzugsweise von aussen, abgewickelt, aufgefächert und über  
10 vier Umlenkstangen durch das Wirbelschichtbad geführt. Die beschichteten Rovings durchlaufen anschliessend eine Kalibriervorrichtung, dann den Infra-Rot-Durchlaufofen bei einer Temperatur von 180°C und anschliessend die beiden in Serie  
15 geschalteten weiteren rotierenden Kalibriervorrichtungen. Die beschichteten Rovings werden dann in der Konditioniereinheit konditioniert und gekühlt, so dass der Kunststoff fest wird.

20 Es wurden beschichtete Rovings mit einem Durchmesser von 240 µm und einer Abweichung des Durchmessers auf der Länge des Fadens von weniger als 0.5.% erhalten. Es konnte praktisch keine Rauchentwicklung von zersetztem Beschichtungsmaterial im Durchlaufofen und in der Konditioniereinheit  
25 festgestellt werden. Die Fadengeschwindigkeit (Durchsatz) betrug 140 Meter pro Minute.

### Beispiel 2

Beispiel 1 wird wiederholt mit der Massgabe, dass anstelle  
30 der Kalibriervorrichtungen nach Figur 2a, (i) nur eine Drehvorrichtung nach Figur 2, und (ii) zuerst eine Drehvorrichtung nach Figur 2 und anschliessend eine Kalibrier-



- 25 -

vorrichtung nach Figur 2a installiert werden. Auch hier werden analog gute Resultate wie in Beispiel 1 erhalten.

#### Beispiel 3 (Vergleichsbeispiel)

- 5 Beispiel 1 wird wiederholt mit der Massgabe, dass auf die Installation der Kalibriervorrichtung (6) verzichtet wird. Es wurden beschichtete Rovings mit einem Durchmesser von etwa 300 µm und einer Abweichung auf der Länge des Fadens von 15% erhalten. Es konnte eine Rauchentwicklung von zer-
- 10 setztem Beschichtungsmaterial im Durchlaufofen und in der Konditioniereinheit fest gestellt werden. Die Fadengeschwindigkeit (Durchsatz) betrug 80 Meter pro Minute.

#### Beispiel 4

- 15 Beispiel 1 wird wiederholt mit der Massgabe, dass das Bisphenolharz und der Härter sowie die Zusatzstoffe ersetzt werden durch ein PEEK-HT (Vitrex®, der Firma Victrex.) mit einem Schmelzpunkt von 370°C. Es werden analoge Resultate, wie in Beispiel 1 angegeben, erhalten.

20

#### Beispiel 5

- Beispiel 1 wird wiederholt mit der Massgabe, dass das Bisphenolharz und der Härter sowie die Zusatzstoffe ersetzt werden durch ein thermoplastisches Polyamid 11 Pulver mit
- 25 einem Schmelzpunkt von 180°C. Es werden analoge Resultate, wie in Beispiel 1 angegeben, erhalten.

#### Beispiel 6 (Vergleichsbeispiel)

- Die Beispiele 1, 2, 4 und 5 werden wiederholt mit der Mass-
- 30 gabe, dass auf die Installation der erfindungsgemässen Drehvorrichtung bzw. rotierenden Kalibriervorrichtungen verzichtet wird. Auch hier sind die Resultate aus den Beispielen 1, 2, 4 und 5 den Resultaten aus Beispiel 6 deutlich überlegen. Im Verfahren gemäss den Beispielen 1,

- 26 -

2, 4 und 5 war die Fadenqualität, sowie der Verlust an Beschichtungsmaterial erheblich kleiner als im Beispiel 6. Ebenso war die Schüttdichte eines gemäss den Beispielen 1, 2, 4 und 5 erhaltenen Granulats merklich höher als die-  
5 jene gemäss Beispiel 5. Auch der Durchsatz war in den Beispielen 1, 2, 4 und 5 im Vergleich zu Beispiel 6 deutlich höher.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von verdichteten, mit Kunststoff beschichteten, Fasern bzw. Fasersträngen, bestehend  
5 aus im wesentlichen parallel ausgerichteten Endlofasern, ausgehend von Fasersträngen bestehend aus mit Kunststoff beschichteten Endlofasern, dadurch gekennzeichnet, dass man Faserstränge, oder mehrere solche Faserstränge im Verbund, bestehend aus im wesentlichen parallel ausgerich-  
10 teten Endlofasern, auf welchen sich der, gegebenenfalls als Pulver, aufgetragene Kunststoff in geschmolzenem bzw. flüssigem Zustand befindet, anschliessend an die Beschichtung durch eine Drehvorrichtung führt, mit welcher eine örtliche Drehung auf die Fasern ausgeübt wird, so dass die  
15 einzelnen Fäden im Verfahren, von der Drehvorrichtung ausgehend entlang der Fäden rückwärts in Richtung der Beschichtungsvorrichtung, in Form von Drehungen miteinander verdreht werden, wobei jedoch nach dem Durchlaufen der Drehvorrichtung die Drehungen nicht mehr oder nur noch in  
20 geringem Masse bestehen, so dass die Endlofasern nach dem Durchlaufen der Drehvorrichtung keine oder nur eine geringe Anzahl spiralförmiger Umdrehungen pro Meter aufweisen und im wesentlichen parallel und linear, bzw. gerade, angeordnet sind.
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehvorrichtung aus einer rotierenden Kalibrierdüse besteht.
- 30
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man dünne Fäden herstellt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass man die erhaltenen Faserstränge in

- 28 -

einer Nachbeschichtung zusätzlich mit mineralischen Pulvern oder Metallpulvern bei Temperaturen über dem Schmelzpunkt des Beschichtungspolymers, oder mit Kunststoff, gegebenenfalls im Gemisch mit mineralischen Pulvern, nachbeschichtet und anschliessend aushärtet oder  
5 erstarren lässt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2-4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibrierdüse mit so hoher  
10 Geschwindigkeit rotiert, dass sämtliches überschüssiges Beschichtungsmaterial am Düsenrand weggeschleudert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die rotierende Kalibrierdüse in einer Hohlwelle  
15 fixiert ist und zusammen mit dieser Hohlwelle rotiert, vorzugsweise mit einer Geschwindigkeit von mindestens 500 Umdrehungen pro Minute (UpM), vorzugsweise mindestens 2000 UpM, vorzugsweise mindestens 7000 UpM, und vorzugsweise mit etwa 10000 UpM.

20

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2-6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibrierdüse auf mindestens die Schmelztemperatur der Faserbeschichtung erwärmt ist und die Polymerbeschichtung der Faser in erwärmten flüssigem  
25 Zustand ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2-7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere rotierende Kalibrierdüsen in Serie geschaltet sind und die Fasern durch diese Vorrichtungen geführt und derart kalibriert und verdichtet  
30 werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2-7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibrierdüse einen inneren

- 29 -

Durchmesser im Bereich von 100-2000µm, vorzugsweise im Bereich von 150-600µm und insbesondere im Bereich von 200-350µm, vorzugsweise 200-240µm, aufweist.

5 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, dass der Faserstrang vor der ersten Drehvorrichtung rückwärts in Richtung der Beschichtungsvorrichtung, etwa 5 bis 50 spiralförmige Umdrehungen pro Meter, vorzugsweise etwa 10 bis 30 spiralförmige Umdrehungen pro  
10 Meter, vorzugsweise etwa 10 bis 20 Umdrehungen pro Meter, aufweist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, dass der Faserstrang nach dem Verlassen der  
15 Drehvorrichtung aus im wesentlichen parallel ausgerichteten Endlosfasern besteht, welcher vorzugsweise etwa 3 bis 10 Umdrehungen pro Meter und vorzugsweise etwa 2 bis 5 Umdrehungen pro Meter, aufweist.

20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern, aus welchen die Faserstränge gebildet sind, synthetische anorganische Fasern, insbesondere Glasfasern, C-Fasern, Kunststofffasern, insbesondere Aramidfasern (aromatisches Polyamid), Zylonfasern  
25 (PBO), vorzugsweise Zylon 28 DTEX, oder Naturfasern, insbesondere Cellulosefasern, darstellen und deren Filamentstärke vorzugsweise 5µm bis 20µm und etwa 100 tex-4800 tex (0.1 g/m-4.8 g/m), vorzugsweise 600 tex-2400 tex, beträgt.

30 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern mit mindestens einem synthetischen thermoplastischen Polymer mit einem Erweichungspunkt von 100°C oder höher, vorzugsweise im Bereich

- 30 -

von 140°C bis 390°C und besonders im Bereich von 150°C bis 350°C, beschichtet ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern mit mindestens einem duroplastischen Kunststoff in Form von Polykondensaten, vorzugsweise härtbare Phenol/Formaldehyd Kunststoffe, härtbare Bisphenolharze, härtbare Harnstoff/Formaldehyd-Kunststoffe, Polyimide, BMI-Formmassen und Polybenzimidazole (PBI); mit mindestens einem duroplastischen Kunststoff in Form von Polyaddukten, vorzugsweise Epoxidharze, Formmassen aus ungesättigten Polyesterharzen, DAP-Harze, MF-Formmassen, vorzugsweise härtbare Melamin/Phenol/Formaldehyd-Formmassen, oder vernetzte Polyurethane.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-14, dadurch gekennzeichnet, dass in der Nachbeschichtung mineralische, vorzugsweise kristalline, Verbindungen, gegebenenfalls im Gemisch mit weiterem Kunststoff, aufgebracht werden, vorzugsweise anorganischen Verbindungen, vorzugsweise Oxide, Karbide, Metallpulver vorzugsweise in Pulverform, vorzugsweise Magnesiumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumkarbid, Stoffe grosser Härte, vorzugsweise kristalliner Kohlenstoff, vorzugsweise Diamanten, insbesondere Industriediamanten, wobei deren durchschnittliche Korngrösse im Bereich von 5µm-300µm, vorzugsweise im Bereich von 10µm-100µm und insbesondere im Bereich von 10µm-30µm liegt.

16. Die nach einem der Ansprüche 1-15 hergestellten Fäden, Sägefäden, Tapes, Prepregs, faserverstärkten Kunststoffgranulate, faserverstärkte Formteile, faserverstärkten pultrudierten oder extrudierten Profile.

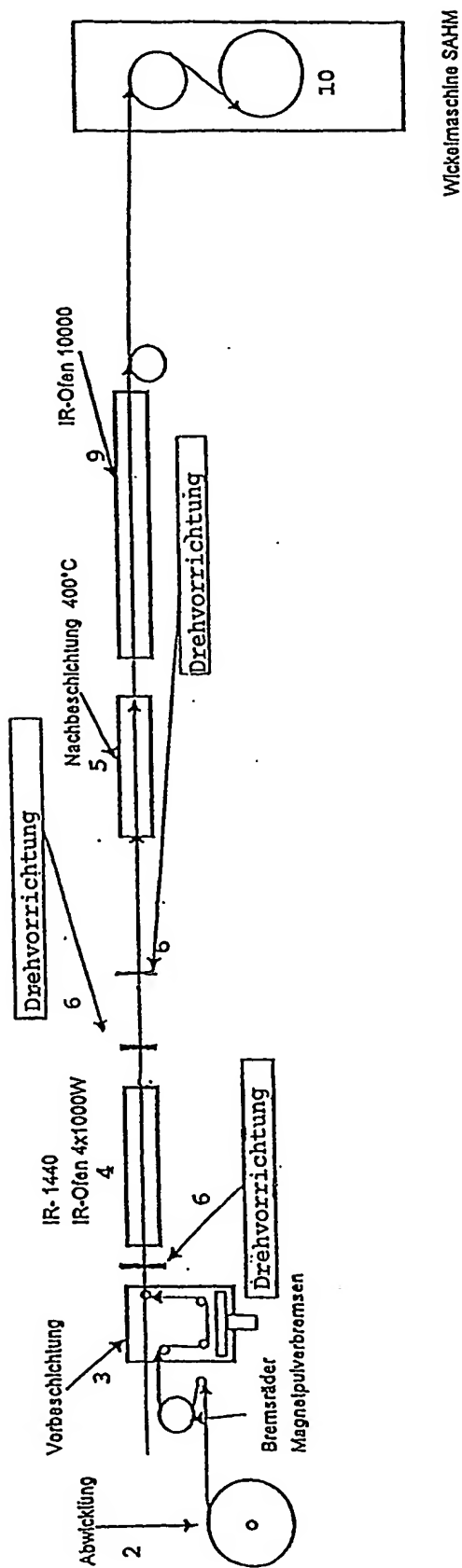
- 31 -

17. Verwendung der gemäss einem der Ansprüche 1-15 hergestellten einzelnen Endlosfasern, bzw. die entsprechenden einzelnen Faserstränge im Verbund, für die Herstellung von Fäden, Sägefäden, sowie für die Herstellung von Tapes und  
5 Prepregs, von faserverstärkten Kunststoffgranulaten und faserverstärkten Formteilen oder von faserverstärkten pultrudierten oder extrudierten Profilen sowie für Gewebe, welche aus beschichteten Rovings gewoben und gegebenenfalls anschliessend verpresst werden.

10

18. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-15, umfassend mindestens eine Beschichtungsvorrichtung (3) für die Beschichtung des Faserstrangs oder der Faserstränge im Schmelzbeschichtungsverfahren  
15 oder im Nassbeschichtungsverfahren oder im Trockenbeschichtungsverfahren, mindestens einen IR-Ofen (4) als Durchlaufvorrichtung (für das Nass- und im Trockenbeschichtungsverfahren) für die Fixierung der Beschichtung, gegebenenfalls eine Nachbeschichtungsvorrichtung (5) gegebenenfalls verbunden mit einem weiteren IR-Ofen (4), und mindestens eine  
20 Konditioniervorrichtung (9), bestehend aus einer Kühleinrichtung und gegebenenfalls einer Erwärmungseinrichtung zur abschliessenden Konditionierung des beschichteten Fadens, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich anschliessend an die Beschichtungsvorrichtung (3), jedoch vor der  
25 Konditioniervorrichtung (9) und vor einer gegebenenfalls anwesenden Nachbeschichtungsvorrichtung (5), mindestens eine Drehvorrichtung (6) angebracht ist, durch welche die Faserstränge, oder mehrere solche Faserstränge im Verbund,  
30 verdichtet, und vorzugsweise gleichzeitig kalibriert, werden.

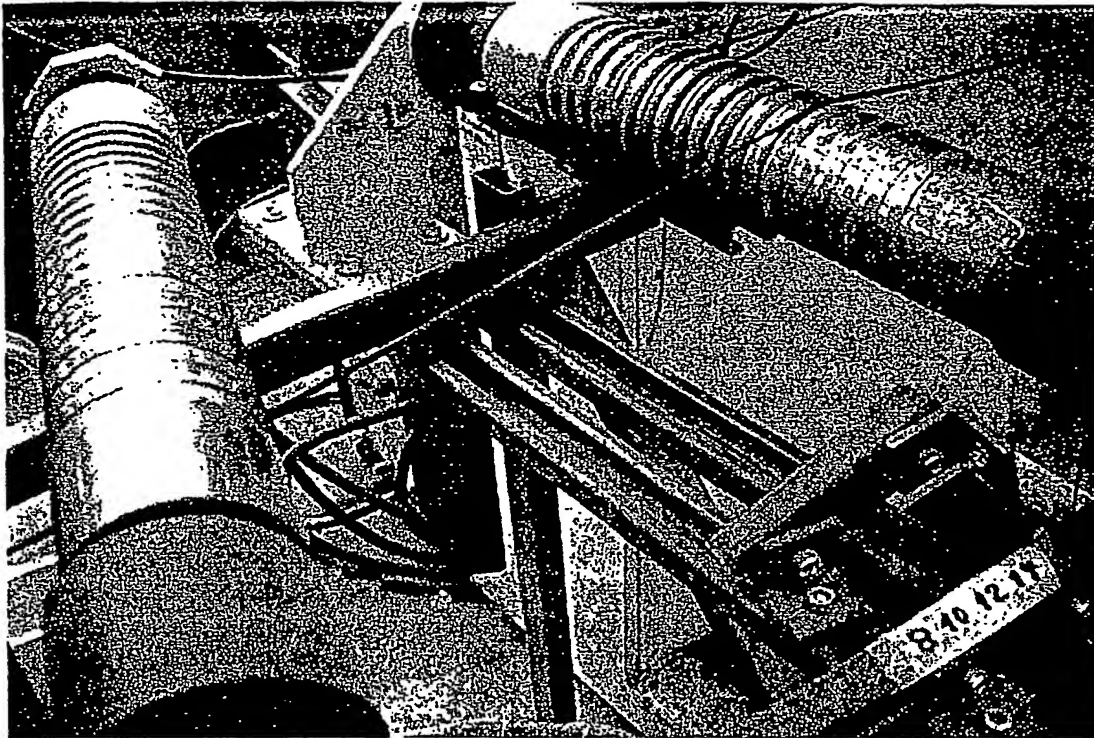
1/4  
Figur 1





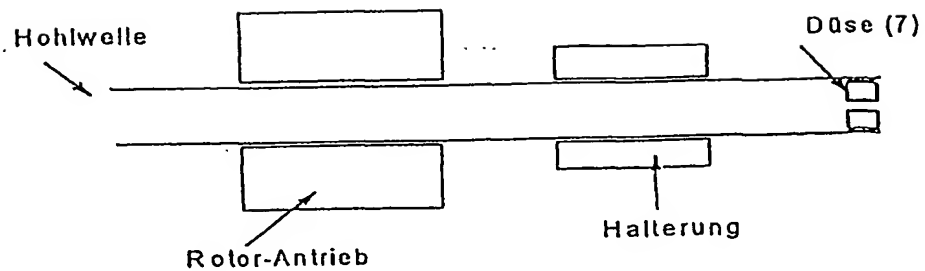
Figur 2

2/4

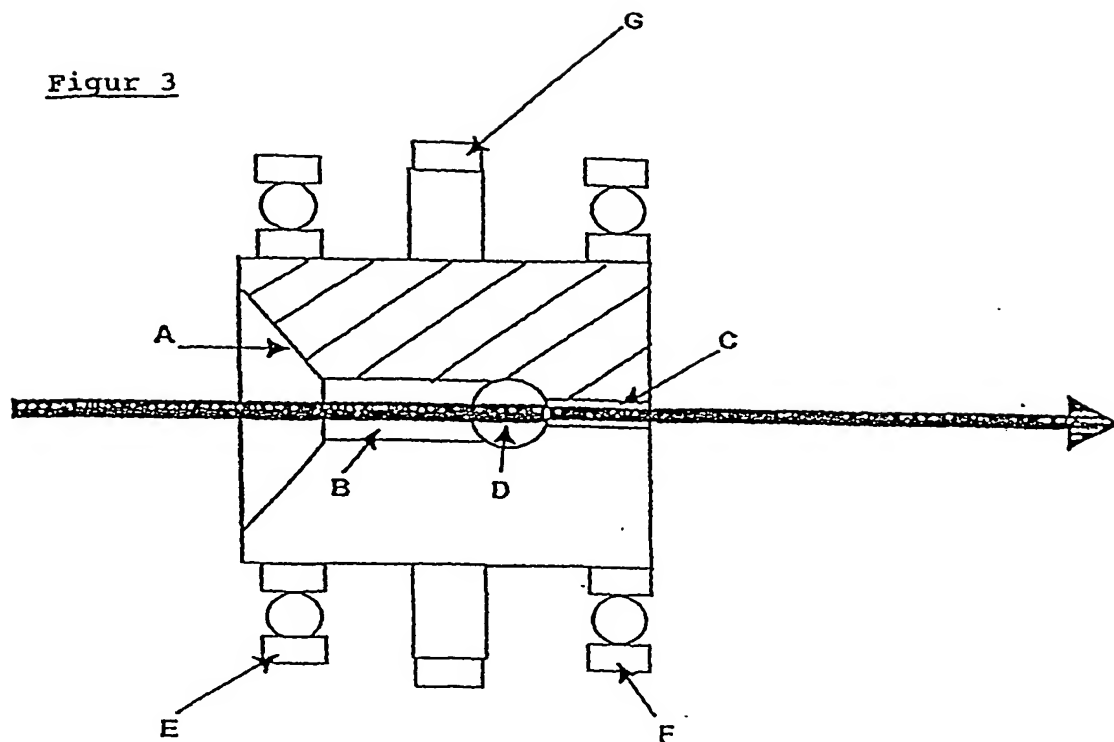
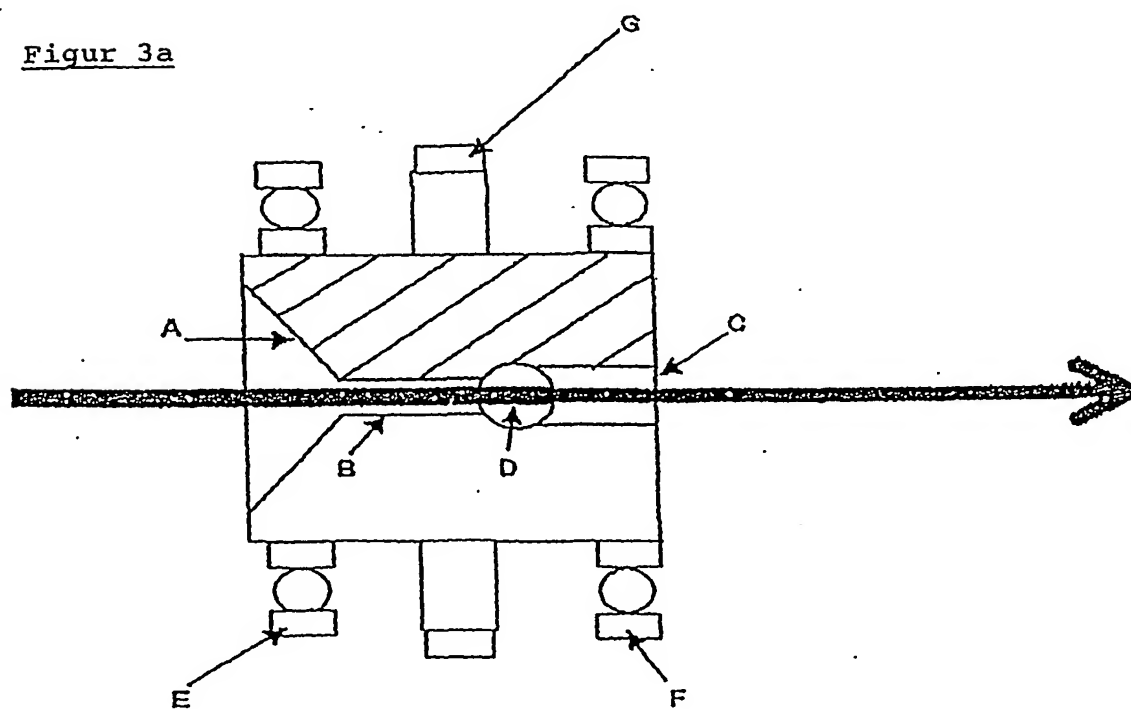


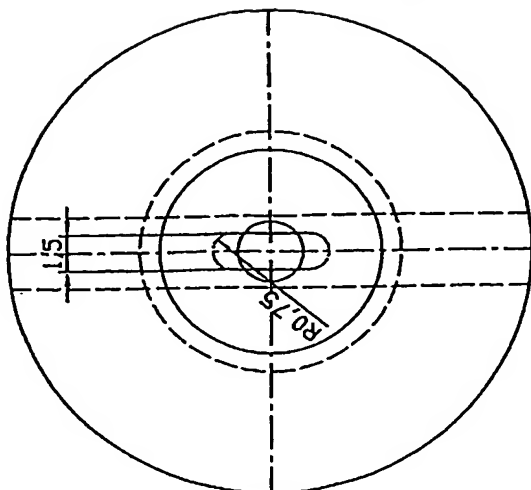
Figur 2a

Kalibriervorrichtung (6)

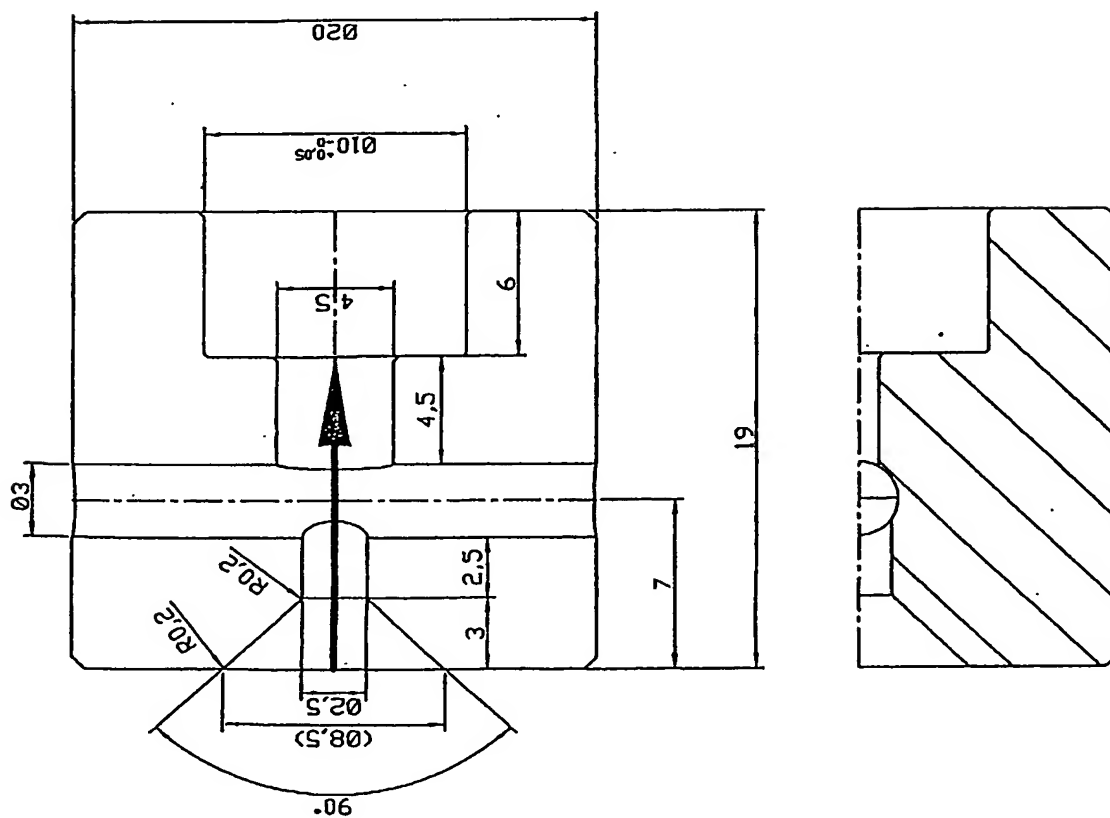


3/4

Figur 3Figur 3a



Figur 4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

/CH2004/000311

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B29B15/12 B29B15/10 B29C70/50 B23D61/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B29B B29C B23D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 451 355 A (BOISSONNAT PHILIPPE ET AL) 19 September 1995 (1995-09-19)  column 5; line 63 - column 6, line 5 column 6, line 51 - line 52; figures	1,5, 7-11,13, 15
X	US 4 720 366 A (KRUEGER WILLIAM H ET AL) 19 January 1988 (1988-01-19)  column 4, line 61 - column 5, line 52; figures	1,5, 7-11,13, 15
A	WO 02/087840 A (EATON STUART JOHN ;TOMKA GEORGE JIRI (GB); SINGH RAJINDER (GB); GO) 7 November 2002 (2002-11-07)	1-15,18
X	page 4, line 23 - line 26; claim 1 page 6, line 35 - page 7, line 1 page 7, line 5 - line 10	16,17

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 September 2004

Date of mailing of the international search report

15/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Attalla, G

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 639 307 A (BELLEMARE DAVID J) 17 June 1997 (1997-06-17) column 4, line 7 - line 45	1,18
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 09, 30 September 1996 (1996-09-30) -& JP 08 126953 A (SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD), 21 May 1996 (1996-05-21) abstract	15,17
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 11, 30 September 1998 (1998-09-30) -& JP 10 151559 A (KITAMURA ATSUSATO), 9 June 1998 (1998-06-09) abstract	15,17

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

/CH2004/000311

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5451355	A	19-09-1995	FR 2687095 A1	13-08-1993
			AU 665624 B2	11-01-1996
			AU 3634393 A	03-09-1993
			BR 9304114 A	02-08-1994
			CA 2107671 A1	07-08-1993
			CZ 9302359 A3	16-03-1994
			DE 69304158 D1	26-09-1996
			DE 69304158 T2	03-04-1997
			EP 0579822 A1	26-01-1994
			ES 2093411 T3	16-12-1996
			FI 934373 A	05-10-1993
			WO 9315893 A1	19-08-1993
			HU 67130 A2	28-02-1995
			JP 6506643 T	28-07-1994
			KR 263784 B1	01-11-2000
			MX 9300661 A1	29-07-1994
			NO 933556 A	05-10-1993
			SK 123393 A3	06-07-1994
US 4720366	A	19-01-1988	US 4640861 A	03-02-1987
			AT 33787 T	15-05-1988
			BR 8502659 A	12-02-1986
			CA 1258358 A1	15-08-1989
			DE 3562333 D1	01-06-1988
			DK 258085 A	08-12-1985
			EP 0167303 A1	08-01-1986
			ES 8700842 A1	01-02-1987
			GR 851385 A1	25-11-1985
			IE 56538 B1	28-08-1991
			IL 75426 A	31-08-1990
			JP 2081420 C	23-08-1996
			JP 5068327 B	28-09-1993
			JP 61040113 A	26-02-1986
			KR 9406643 B1	25-07-1994
			PT 80608 A ,B	01-07-1985
			RU 2051033 C1	27-12-1995
WO 02087840	A	07-11-2002	WO 02087840 A1	07-11-2002
US 5639307	A	17-06-1997	AU 4962996 A	07-08-1996
			WO 9622180 A1	25-07-1996
JP 08126953	A	21-05-1996	NONE	
JP 10151559	A	09-06-1998	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 B29B15/12 B29B15/10 B29C70/50 B23D61/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B29B B29C B23D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 451 355 A (BOISSONNAT PHILIPPE ET AL) 19. September 1995 (1995-09-19)  Spalte 5, Zeile 63 - Spalte 6, Zeile 5 Spalte 6, Zeile 51 - Zeile 52; Abbildungen	1,5, 7-11,13, 15
X	US 4 720 366 A (KRUEGER WILLIAM H ET AL) 19. Januar 1988 (1988-01-19)  Spalte 4, Zeile 61 - Spalte 5, Zeile 52; Abbildungen	1,5, 7-11,13, 15
A	WO 02/087840 A (EATON STUART JOHN ;TOMKA GEORGE JIRI (GB); SINGH RAJINDER (GB); GO) 7. November 2002 (2002-11-07)	1-15,18
X	Seite 4, Zeile 23 - Zeile 26; Anspruch 1 Seite 6, Zeile 35 - Seite 7, Zeile 1 Seite 7, Zeile 5 - Zeile 10	16,17
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. September 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/09/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Attalla, G

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 639 307 A (BELLEMARE DAVID J) 17. Juni 1997 (1997-06-17) Spalte 4, Zeile 7 - Zeile 45 -----	1,18
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 09, 30. September 1996 (1996-09-30) -& JP 08 126953 A (SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD), 21. Mai 1996 (1996-05-21) Zusammenfassung -----	15,17
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 11, 30. September 1998 (1998-09-30) -& JP 10 151559 A (KITAMURA ATSUSATO), 9. Juni 1998 (1998-06-09) Zusammenfassung -----	15,17



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffent

gen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

/CH2004/000311

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5451355	A	19-09-1995	FR	2687095 A1	13-08-1993
			AU	665624 B2	11-01-1996
			AU	3634393 A	03-09-1993
			BR	9304114 A	02-08-1994
			CA	2107671 A1	07-08-1993
			CZ	9302359 A3	16-03-1994
			DE	69304158 D1	26-09-1996
			DE	69304158 T2	03-04-1997
			EP	0579822 A1	26-01-1994
			ES	2093411 T3	16-12-1996
			FI	934373 A	05-10-1993
			WO	9315893 A1	19-08-1993
			HU	67130 A2	28-02-1995
			JP	6506643 T	28-07-1994
			KR	263784 B1	01-11-2000
			MX	9300661 A1	29-07-1994
			NO	933556 A	05-10-1993
			SK	123393 A3	06-07-1994
US 4720366	A	19-01-1988	US	4640861 A	03-02-1987
			AT	33787 T	15-05-1988
			BR	8502659 A	12-02-1986
			CA	1258358 A1	15-08-1989
			DE	3562333 D1	01-06-1988
			DK	258085 A	08-12-1985
			EP	0167303 A1	08-01-1986
			ES	8700842 A1	01-02-1987
			GR	851385 A1	25-11-1985
			IE	56538 B1	28-08-1991
			IL	75426 A	31-08-1990
			JP	2081420 C	23-08-1996
			JP	5068327 B	28-09-1993
			JP	61040113 A	26-02-1986
			KR	9406643 B1	25-07-1994
			PT	80608 A , B	01-07-1985
			RU	2051033 C1	27-12-1995
WO 02087840	A	07-11-2002	WO	02087840 A1	07-11-2002
US 5639307	A	17-06-1997	AU	4962996 A	07-08-1996
			WO	9622180 A1	25-07-1996
JP 08126953	A	21-05-1996	KEINE		
JP 10151559	A	09-06-1998	KEINE		